Die

Veränderung des Warnowwassers

innerhalb und unterhalb Rostock

in bacteriologischer und chemischer Hinsicht.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

medicinischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Karl Schmidt

aus Ludwigslust,

prakt. Arzt in Alt-Meteln (Mecklbg.).

Rostock.

Carl Boldt'sche Hof-Buchdruckerei.

1892.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0086

Die Beseitigung und Unschädlichmachung sämmtlicher Unrathstoffe, wie sie im menschlichen Haushalt, im Gewerbebetriebe, auf Strassen und freien Plätzen sich anhäufen, nach einheitlichen Principien geordnet und durchgeführt zu haben, ist eines der wichtigsten Verdienste, welche sich die Hygiene der Anlage und Reinhaltung von Ortschaften um die Verbesserung der Gesundheit des Einzelnen wie der Gesammtbevölkerung in grösseren Gemeinwesen erworben hat. Denn früher liess man in den meisten Ortschaften den Unrath entweder einfach in den Boden versickern oder suchte ihn zum grösseren Theil durch wenig zweckmässig eingerichtete Ableitungsvorrichtungen, die mit benachbarten Flüssen, Bächen oder Seen in Verbindung standen, zum geringeren Theil durch Verwendung im landwirthschaftlichen Betriebe aus der Nähe der menschlichen Wohnungen fortzuschaffen. So wurde nicht nur der Boden in unmittelbarer Nähe der menschlichen Behausungen, sondern auch das Flusswasser mit Schmutzstoffen stark geschwängert. Dass nun von einem so verunreinigten Boden aus unter bestimmten obwaltenden Verhältnissen organisirte Krankheitserreger sich in die Luft erheben, und, nachdem sie mit dieser durch die Athmungswege oder den Verdauungstractus in den menschlichen Körper gelangt sind, hier schwere gesundheitliche Störungen hervorrufen können, war eine damals wenig beachtete und gekannte Thatsache. Ebensowenig kümmerte man sich darum, ob

vielleicht durch die Aufnahme des städtischen Unraths das Flusswasser eine solche Veränderung erführe, dass es zur Verwendung als Trinkwasser oder zu sonstigen häuslichen oder industriellen Zwecken untauglich oder gar der Gesundheit schädlich würde. Diese letztere Frage ist von ganz besonderer Bedeutung; man trat ihr zuerst in England näher, wo naturgemäss wegen der mächtig sich entwickelnden Industrie das Interesse an allgemeinen hygienischen Fragen und Einrichtungen früher rege wurde, als auf dem Continente. Im Jahre 1868 untersuchte eine vom englischen Parlamente ernannte Commission den Zustand mehrerer Flüsse, an denen eine Reihe grösserer Industriestädte gelegen sind[1]. Sie fand, dass diese Flüsse an ihren Quellen zwar rein und frei von jeder Verunreinigung, durch die Schmutzwässer jener Städte aber im höchsten Grade verunreinigt würden, dass diese Verunreinigung sich weiter abwärts vermindere, aber noch weit unterhalb der Zuflüsse sich nachweisen lasse. Seit diesen ersten englischen Untersuchungen hat die Frage der Flussverunreinigung die Hygieniker aller Länder im höchsten Masse interessirt. Ausser vielen Beobachtungen und Untersuchungen in anderen Ländern, namentlich in England, Schottland und Nordamerika, sind in Deutschland vier grössere Arbeiten über obige Frage veröffentlicht. Die erste von Brunner und Emmerich[2] aus den Jahren 1874 und 1875 hat die Untersuchung des Isarwassers zum Gegenstande und referirt darüber, inwieweit das Wasser des genannten Flusses während seines Verlaufes durch München verändert werde. Die zweite Arbeit stammt von Hulwa[3];

[1] Rep. of the River pollut. Commission 1876.

Näheres bei G. Frank: „Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlin.“ Zeitschrift für Hygiene, Bd. III, 1888, pag. 356.

[2] Zeitschrift für Biologie, Bd. X, S. 190.

[3] Ergänzungshefte zum Centralblatt für allg. Gesundheitspflege, Bd. I, pag. 88.

er untersuchte in den Jahren 1877 bis 1881 das Wasser der Oder oberhalb, unterhalb und innerhalb von Breslau. Die Untersuchung geschah nach den zur damaligen Zeit gebräuchlichen chemischen und mikroskopischen Methoden. Die dritte zusammenhängende Arbeit aus dem Jahre 1888, von G. Frank[1] veröffentlicht, berichtet über die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb von Berlin; Verfasser legte seinen Untersuchungen hauptsächlich die bacteriologische Methode zu Grunde, durch deren Einführung die bisherigen Untersuchungsmethoden, die bei der Prüfung eines Wassers zu hygienischen Zwecken zu Gebote standen, inzwischen eine wesentliche Bereicherung erfahren hatten. Die neueste Arbeit, von Prausnitz[2], ist eine Ergänzung der erstangeführten und behandelt den Einfluss der Münchener Canalisation auf die Isar mit besonderer Berücksichtigung der Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Prausnitz fand zunächst, dass das Canalwasser von München von sehr wechselnder Zusammensetzung war. Am frühen Morgen begann in ihm das Anwachsen der Verbindungen, welche eine Verunreinigung anzeigen. Dasselbe hielt bis Mittag an; dann trat ein Stillstand in dem Anwachsen ein; am Abend begann wieder eine Verstärkung der Unreinigkeiten. Die in der Nacht geschöpften Proben erwiesen sich als am wenigsten unrein. Dabei liefen die Schwankungen in dem Gehalt an Bacterien denjenigen im Gehalt an Trockensubstanz, organischer Materie und Chlor ziemlich parallel. Im Mittel vom ganzen Tage hatte das Hauptsielwasser:

1302,5 mg organische Substanz pro 1 Liter,
74,6 mg Chlor pro 1 Liter,
992,7 mg Trockenrückstand pro 1 Liter.
329621 Bacterien pro 1 ccm.

---

[1] Zeitschrift für Hygiene, Bd. III, 1888, pag. 356.
[2] Habilitationsschrift, München 1889.

Bezüglich der Verunreinigung des Isarwassers selbst fand Prausnitz:

	Bacterien pro 1 ccm:	Organ. Substanz:
Isar oberhalb München . . .	134	15,10 mg
„ hinter der Bogenhauser Brücke (1 km v. M) .	10420	63,20 „
„ bei Erching (22 km v. M.)	4863	28,30 „
„ bei Freising (33 km v. M.)	3221	29,10 „

Sämmtliche Autoren kamen demnach im Allgemeinen zu dem Resultat, dass die Verunreinigungen allmählich verschwinden, dass dies aber unter den wechselnden localen Verhältnissen nicht immer sich gleich gestaltet. Angesichts des Umstandes, dass die industriellen Unternehmungen von Jahr zu Jahr bedeutender werden und vor allem, dass immer zahlreichere Städte sich zur Canalisirung entschliessen, um sich ihrer unreinen Abgänge in einen Fluss zu entledigen, gewinnt die Frage der Flussverunreinigung stetig an Dignität und Interesse. Es war mir daher eine dankenswerthe Anregung, von Herrn Professor Dr. Uffelmann darauf hingewiesen zu werden, diese Frage in Bezug auf die Rostocker Verhältnisse einer näheren Prüfung zu unterziehen. Dieser Anregung Folge leistend, habe ich in der Zeit von Anfang März bis Ende Juni 1890 das Wasser der Warnow oberhalb, innerhalb und unterhalb der Stadt Rostock untersucht.

Die Verunreinigung des Flusswassers kommt im Allgemeinen durch die Concurrenz verschiedener Momente zu Stande. In erster Linie ist das Sielwasser in Betracht zu ziehen. Es enthält nicht nur alle aus den menschlichen Wohnungen oder deren Umgebung stammenden Schmutzwässer, wie Urin, Abwaschwasser, Waschwasser etc., sondern auch die Niederschlags- und Reinigungswässer von Höfen, Strassen und freien Plätzen, ferner die Abgänge aus Schlächtereien, Zuckerfabriken, Brauereien, Branntweinbrennereien, Papierfabriken. Insbesondere kommen in Bezug auf Rostocker Verhältnisse die Abgänge aus dem

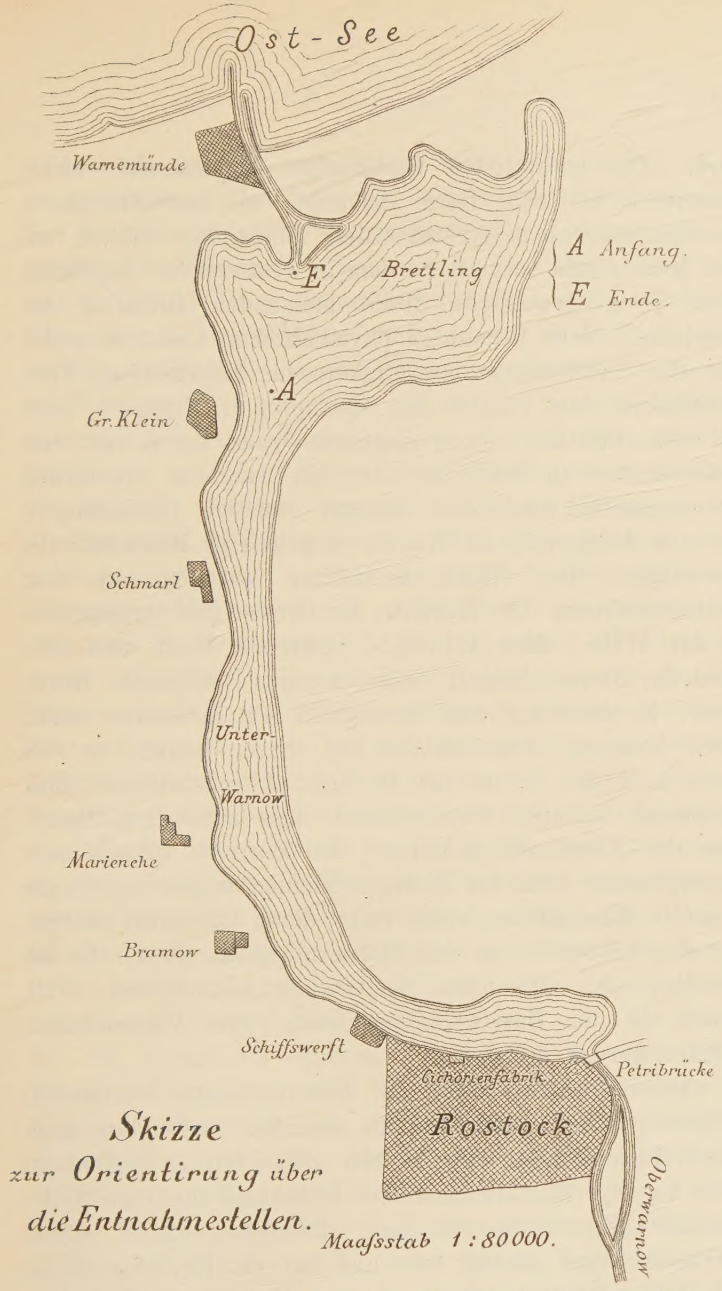
städtischen Schlachthause, aus Brauereien, Zuckersiedereien, Branntweinbrennereien und Gerbereien in Betracht. Die Verunreinigung durch den Flussverkehr auf der Warnow dürfte erst in zweiter Linie zu erwähnen sein; und zwar entleert nicht nur die Schiffsbevölkerung allen ihren Unrath, Excremente sowie Spülwässer, in den öffentlichen Wasserlauf, sondern es werden auch durch Handel und Verkehr, wie er auf den Schiffen getrieben wird, eine nicht geringe Menge solcher Stoffe dem Strome zugeführt, welche zum Theil schon mit Bacterien geschwängert sind, zum Theil für die im Wasser lebenden Mikroorganismen die günstigsten Nährböden darstellen. Bemerkenswerth ist aber noch, dass die Fortschaffung der Fäcalien aus der Stadt Rostock nicht mit dem Sielwasser geschieht, sondern durch Kübelsystem bezw. ein Privet-Abfuhrinstitut regulirt wird. Da nun eine vorherige Reinigung aller genannten Schmutzwässer und unreinen Abgänge von Infectionsstoffen, suspendirten und gelösten fäulnissfähigen Stoffen, sei es durch das Berieselungsverfahren, sei es durch geeignete chemische Verfahren oder durch Klärbassins, in Rostock nicht stattfindet, so ist ohne Weiteres klar, dass durch die bedeutenden Mengen von Unrathstoffen, die tagtäglich producirt werden, eine enorme Verunreinigung des Warnowwassers bewirkt wird; Professor Uffelmann hat dies durch eine grössere Zahl von Untersuchungen, deren Resultat in der von ihm selbst herausgegebenen hygienischen Topographie der Stadt Rostock publicirt ist, zur Genüge dargethan. Meine Aufgabe besteht nun darin, durch chemische und bacterioskopische Untersuchung von verschiedenen Stellen der Warnow oberhalb und unterhalb von Rostock entnommener Wasserproben unter besonderer Berücksichtigung der Windrichtung, der jedesmaligen Temperatur- und Wasserstandsverhältnisse festzustellen:

1. an welchem Punkte des öffentlichen Wasserlaufes die Selbstreinigung des Flusswassers eine vollkommene

geworden ist, resp. wie weit unterhalb der Zuflüsse sich die Verunreinigung noch geltend macht;

2. ob etwa mit Modification der meteorologischen Verhältnisse, wie sie zu verschiedener Jahreszeit statt hat, eine Veränderung in dem absoluten Grade der Flussverunreinigung Hand in Hand geht;
3. inwieweit der Process der Selbstreinigung in den Wintermonaten gegenüber der wärmeren Jahreszeit sich verändert zeigt, ob vielleicht im Winter, wo einzelne für die Selbstreinigung des Flusswassers im Sommer massgebende Factoren in Wegfall kommen, andere compensatorisch eine erhöhte Wirksamkeit entfalten.

Die Stadt Rostock liegt am linken Ufer der Warnow, welche annähernd in einem rechten Winkel, dessen Spitze man sich gleich unterhalb der Petribrücke denken kann, vorüber fliesst. Die Oberwarnow verläuft nahezu in südnördlicher Richtung, die Unterwarnow in ostwestlicher. Erstere nimmt den geringsten Theil der von der Stadt producirten Schmutzwässer auf; in ihrem Bereiche existirt nur ein Hauptsiel, daneben eine beträchtliche Anzahl kleinerer Ausflussrohre im Gerberbruche. Die Unterwarnow dagegen trägt den Hauptantheil. Auf die Strecke von der Petribrücke bis zur Warnowhalle abwärts sind zwölf Siele vertheilt, welche die Einführung der von dem grössten Theile der Stadt herrührenden unreinen Abgänge in die Warnow ermöglichen. Was die Breite des Flussbettes anbelangt, so ist oberhalb der Petribrücke die Warnow noch verhältnissmässig schmal; gleich unterhalb des städtischen Schlachthauses dagegen verbreitert sich das Flussbett um ungefähr das Fünfzehnfache; dem entsprechend zeigt auch die Unterwarnow wenig oder gar kein Gefälle. Bei der Schiffs- und Maschinenbauanstalt, wo der Strom soeben aus dem Weichbilde der Stadt ausgetreten ist, hat abermals eine fast rechtwinklige Knickung statt, so dass nunmehr die Verlaufsrichtung wiederum eine südnördliche



Die Entfernungen der einzelnen Entnahmestellen von einander sind annähernd:

Von Petribrücke bis Schiffswerft	2,25	km
„ Schiffswerft bis Bramow	1	„
„ Bramow bis Marienehe	1	„
„ Marienehe bis Schmarl	3	„
„ Schmarl bis Gr. Klein	2	„
„ Gr. Klein (Breitling Anfang) bis Breitling Ende	1,25	„

wird. Die constatirten Verhältnisse ändern sich nicht wesentlich bis zum Dorfe Schmarl, wo das Strombett zunächst eine nicht unbeträchtliche Einengung erfährt, um sich jedoch bald seeartig zu dem in westöstlicher Richtung etwa $^1/_2$ geographische Meile messenden Breitling zu erweitern. Nach bekannten physikalischen Gesetzen steht nun die Strömungsgeschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zu dem Inhalte des Stromprofils; demnach sind auf dem Breitling, in geringerem Grade schon auf der Unterwarnow in Folge der auf ein Minimum reducirten Strömungsgeschwindigkeit äusserst günstige Bedingungen für eine Ablagerung in Wasser suspendirter Bestandtheile geschaffen. Der Wind beeinflusst entsprechend der Verlaufsrichtung der Warnow die Grösse des Stromprofils in der Weise, dass bei Süd-, Südwest-, West- und Ostwind der Strom ausläuft, dass dagegen bei Nord-, Nordwest-, Nordostwind das Stromprofil ein grösseres wird. Doch kommen Abweichungen von dieser Regel vor; es kann z. B. der Strom bei in Rostock constatirtem Südwestwind einlaufen, vorausgesetzt, dass auf freiem Meere eine der Einmündungsrichtung der Warnow gerade entgegengesetzte oder nur in einem kleinen Winkel gegen sie geneigte Windrichtung vorherrscht, deren Intensität genügt, um das Seewasser in den Strom hineinzutreiben. Es ist wichtig, auf alle diese Thatsachen hinzuweisen, weil durch sie die Untersuchungsbefunde zum Wesentlichen erklärt werden.

Die Entnahme der zur Untersuchung bestimmten Proben geschah zum Theil in den Morgenstunden, zum Theil Nachmittags. Die Proben gelangten spätestens in zwei bis drei Stunden nach der Entnahme ins hygienische Institut und zur Untersuchung. Mehrmals wurde, zumal wenn der Wind günstig war und das zur Herbeischaffung der Proben benutzte Segelboot nicht all zu stark schwankte, die bacteriologische Beschickung der Culturgläser an Ort und Stelle unmittelbar nach der Entnahme der Proben

vorgenommen. Von vorneherein steht zu erwarten, dass die gewonnenen Resultate sehr verschiedene sein werden, da die Schmutzwässer nicht in einem constant gleichmässigen Strome zufliessen, sondern die Menge derselben zu den verschiedenen Tageszeiten, abgesehen von etwaigen Regengüssen, verschieden mächtig ist. In den Morgenstunden, nachdem die Tagesarbeit begonnen und die Reinigung der Wohnungen vorgenommen, ist der Zustrom am grössten; er nimmt ab gegen Nachmittag und ist am geringsten in der Nacht, wo jede Arbeit ruht, also auch jeder Verbrauch von Wasser ausfällt. Die Entnahme der Wasserproben geschah stets möglichst aus der Mitte des Stromes; zum Auffangen wurden vorher sterilisirte, sorgfältig verschlossene Erlenmeyersche Kölbchen verwendet. Die chemische Untersuchung, die Herr Professor Uffelmann selbst auszuführen die Güte hatte, geschah nach dem im hiesigen Institute zu Trinkwasseruntersuchungen gebräuchlichen Verfahren; sie beschränkte sich für vorliegende Zwecke darauf, den Chlorgehalt und die zur Oxydation der organischen Substanz erforderliche Menge Sauerstoff, d. h. die für die chemische Analyse in Betracht kommenden Hauptkriterien für Reinheit oder Unreinheit eines Wassers festzustellen. Ich habe dabei aus dem Sauerstoffverbrauch die Menge der organischen Substanz pro 1 Liter berechnet, indem ich die Menge des Sauerstoffs mit 20 multiplicirte. Zwar ist dies nicht völlig richtig, jedoch sind die Ziffern für die organische Substanz tabellarisch übersichtlicher. Da das Kochsalz in den Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, in besonders grosser Menge aber im Urin enthalten ist, so gilt ein vermehrter Chlorgehalt des Wassers im Allgemeinen als Beweis für eine grobe Verunreinigung desselben durch von Menschen herrührende Abfallstoffe. Nicht anders steht es mit der organischen oxydablen Substanz; auch sie gelangt, sei es mit dem Urin, oder mit Abfallsubstanzen des Haushalts in das Flusswasser, um hier unter Mitwirkung bestimmter Bacterien

in einfachere chemische Verbindungen zerlegt zu werden. Die Bacterien treten also in bestimmte Wechselbeziehungen zu der Menge der organischen Substanz in der Weise, dass sie durch ihren Stoffwechsel die schwer oxydirbare Substanz des Wassers in leicht oxydable umwandeln, wodurch die absolute Menge der im Flusswasser enthaltenen organischen Substanz abnimmt, während die durch den Chamäleonverbrauch ausgedrückte Oxydirbarkeit zunimmt[1]. Meine Aufgabe war es nun, die bacteriologische Untersuchung, deren Resultaten bei der Beurtheilung der Selbstreinigung des Flusswassers wohl ein Uebergewicht über die der chemischen Untersuchungsmethoden zuzusprechen ist, in der hier zu erörternden Weise durchzuführen. Von jeder eingegangenen Probe wurde vermittelst einer sterilisirten Pipette, die eine vorher genau bestimmte Anzahl von Tropfen im Cubikcentimeter enthielt, ein Tropfen in ein verflüssigte Gelatine enthaltendes Reagensgläschen gegeben; hierauf, je nachdem ich eine grössere oder geringere Zahl von Keimen vermuthete, entweder eine Platten- oder eine Rollcultur hergestellt. Wurde dann die Zahl der nach 24 bis 72 Stunden zur Entwickelung gekommenen verflüssigenden und nicht verflüssigenden Colonien festgestellt, so liess sich unter Zuhülfenahme der Resultate der chemischen Analyse ein klares Bild über den Grad der Reinheit resp. Verunreinigung des Flusswassers gewinnen.

Die Warnow nimmt, bevor sie das Weichbild der Stadt Rostock berührt, die Schmutzwässer der an ihr liegenden Ortschaften Bützow und Schwaan auf. Ausserdem lässt sich die Vermuthung nicht von der Hand weisen, dass auch Güstrow, eine Stadt von circa 16000 Einwohnern, an der Nebel, einem rechten Nebenflusse der Warnow, der sich gleich unterhalb Bützow in dieselbe ergiesst, gelegen, durch Ableitung seiner Schmutzstoffe in

[1] Moser: Virchow und Hirsch, Jahresbericht über die gesammte Medicin, 1888, Bd. I, pag. 552.

die Nebel indirect zur Verunreinigung des Warnowwassers nicht unwesentlich beitragen wird. Ueber das Wasser der Nebel haben die im hygienischen Institute von Herrn Professor Uffelmann ausgeführten Untersuchungen Folgendes ergeben:

Zeit	Ort	pro 1 Liter Chlor	Org. Subst.	Keime in 1 ccm
7. XI. 89.	Oberhalb Güstrow . . .	0,037 gr	152 mg	450
„	Reservoir unterhalb der Filterbasins	0,035 „	122 „	2000 (90)[1]
„	Unterhalb Güstrow vor der Zuckerfabrik . .	0,041 „	186 „	920 (90)
„	Brücke von Gülzow . .	0,045 „	224 „	1860 (150)
„	Ortschaft Wolken . . .	0,043 „	188 „	960 (105)
13. XII. 89.	Oberhalb Güstrow . . .	0,034 „	148 „	600 (60)
„	Reservoir unterhalb der Filterbassins	0,033 „	124 „	210 (25)
„	Unterhalb Güstrow vor der Zuckerfabrik . .	0,035 „	178 „	1200
„	Brücke von Gülzow . .	0,043 „	172 „	6000 (450)
„	Ortschaft Wolken . . .	0,041 „	174 „	1800 (200)

Die oben ausgesprochene Conjectur findet sich bestätigt. Das Wasser der Nebel ist bei der Ortschaft Wolken, die nicht weit von der Einmündungsstelle derselben in die Warnow entfernt liegt, noch nicht wieder so rein geworden, wie es oberhalb der Stadt Güstrow war. Mit solchem Wasser wird also die Warnow von der Nebel gespeist, und es ist klar, dass durch diesen Umstand allein schon eine nicht unbedeutende Verschlechterung des Warnowwassers im hygienischen Sinne zu Stande kommt. Die Untersuchungsresultate, wie sie über das Wasser der Warnow gleich unterhalb Bützow, aber noch oberhalb der Nebeleinmündung, ferner oberhalb und unterhalb Schwaan sich gewinnen liessen, sind folgende:

[1] Die eingeklammerte Zahl giebt die Menge der verflüssigenden Colonien an.

Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	Org. Subst.:	Keime in 1 ccm:
27. VI. 90. (Morgens)	Oberhalb Güstrow . .	0,0295 g	148 mg	720 (180)
„	Sammelbassin	0,03 g	100 „	60 (0)
„	Unterhalb Güstrow . .	0,037 g	178 „	6000 (1020)
„	Unterhalb Güstrow bei Gülzow	0,043 „	182 „	820 (80)
(Mittags)	Nebel	0,048 „	146 „	1620 (280)
„	Warnow unterh. Bützow	0,033 „	204 „	1600 (220)
(Nachm.)	Warnow oberh. Schwaan	0,032 „	120 „	600 (40)
„	Unterhalb Schwaan . .	0,048 „	220 „	3600 (560)

Auch hieraus lässt sich ersehen, dass durch die Ortschaften oberhalb Rostocks eine Verunreinigung des Warnowwassers erfolgt, die aber allmählich wieder verschwindet. Ich wende mich nun sogleich zur Prüfung des Rostocker Warnowwassers. Zum besseren Verständniss ist es nothwendig, vorher die Lage der einzelnen Entnahmestellen näher zu präcisiren. Die erste Probe wurde nicht direct aus der Warnow, sondern aus dem Schnellengraben geschöpft, der von der Oberwarnow gespeist wird und das Wasser für die Filterbassins des städtischen Wasserwerkes liefert. Später jedoch entnahm ich die erste Probe gleich oberhalb der Petribrücke, da, wie oben bemerkt, bis zu diesem Punkte hin nur ein einziges Hauptsiel und mehrere kleinere Ausgussrohre ihren Inhalt in die Warnow entleert haben, mithin von einer gröberen Verunreinigung noch nicht die Rede sein kann. Die zweite Probe wurde gleich unterhalb der Einmündungsstelle des letzten Sieles der Unterwarnow entnommen, zum Theil in der Höhe des Friedrichshafens, der Cichorienfabrik oder der Warnowhalle. Die dritte und vierte Probe der verschiedenen Versuchsreihen stammen von weiter unterhalb gelegenen Stellen, zum Theil von der Warnow bei Bramow oder Schmarl, von dem Anfange des Breitling, der Mitte und dem Ende desselben. Letztere sollten

hauptsächlich zu Entscheidung der Frage dienen, wie weit unterhalb der Zuflüsse die Verunreinigung sich noch geltend mache. Die erste Versuchsserie möchte ich nun in folgendes Schema bringen:

Lauf. Nr.	Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	pro 1 Liter Org. Subst.:	Keime in 1 ccm.	Temperatur d. Wassers und Windrichtung:
I.	1) 3. III. 90. (2 U. Nachm.)	Schnellengraben	0,035 g	160 mg	640 (10)	$-1/2°$ C. Nord
	2) „	Friedrichsstrasse	0,330 „	320 „	9100 (140)	$-1/4°$ C. Nord
	3) „	Warnowhalle .	0,280 „	220 „	3700 (90)	$-1/4°$ C. Nord
	4) 4. III. 90. (12 U. Vorm.)	Bramow . . .	0,325 „	206 „	2500 (70)	$-1/2°$ C. SSW.
	5) 5. III. 90. (11 U. Vorm.)	Cichorienfabrik	0,280 „	408 „	21150 (450)[1]	0° C. Nord.

Die Prüfung der Proben mit den unbewaffneten Sinnen ergab, dass Probe 1 und 3 fast vollständig klar und von der Farbe gewöhnlichen Fenterglases waren, ohne besonderen Farbenton, dagegen Probe 2 und 5 einen nicht unerheblichen Grad von Trübung zeigten, der auf die Anwesenheit einer grossen Menge gröberer suspendirter Partikelchen zurückzuführen war. Letztere beiden Proben wurden fast in unmittelbarer Nähe der Ausmündung des vorletzten und letzten Sieles entnommen; eine ca. 20 cm dicke Eisschicht musste entfernt werden, bevor Wasser zu Tage trat; dieses stand nur ca. $^1/_2$ Fuss hoch. Da nun wegen einer so geringen Wassermenge und der nur ganz unbedeutenden Bewegung des Wasserspiegels unter der Eisdecke eine hinreichend schnelle Verdünnung der Schmutzwässer nicht zu Stande kommen konnte, so war es klar, dass wir in Probe 2 und 5 das Anbild eines in seiner Schmutzconcentration nur wenig abgeschwächten Sielwassers (dasselbe enthielt nach dem Resultat einer zu damaliger Zeit im hygienischen Institute angestellten Untersuchung pro 1 Cubikcentimeter 1 200 000

[1] Die eingeklammerte Zahl giebt die Menge der verflüssigenden Colonien an.

Keime) vor uns haben mussten. Dem entspricht auch der hohe Chlorgehalt, der fast das Zehnfache von dem im Schnellengraben constatirten ausmacht, ferner die hohe Keimzahl und die grosse Menge organischer oxydabler Substanz. Probe 3, ca. 400 Schritt weiter unterhalb als 2 entnommen, und zwar wie alle übrigen möglichst aus der Mitte des Flusses, zeigt eine geringe Abnahme des Chlorgehalts, eine ziemlich erhebliche der organischen Substanz und der numerisch feststellbaren Pilzcolonien. Schon hier also macht sich die Selbstreinigung des Flusses geltend. Zu bemerken ist noch, dass die Menge der organischen Subtanz gleichen Schritt hält mit der Zahl der functionirenden lebensfähigen Bacterien, sowohl der verflüssigenden als der nicht verflüssigenden. Bei Bramow ist das Flusswasser schon um ein Beträchtliches reiner geworden, die Keimzahl beträgt nur noch 2500 (70), die organische Substanz 206 mg im Liter; der Chlorgehalt, anstatt geringer zu werden, steigt auf 0,325 g im Liter. Dies ist jedoch kein auffälliger Befund, wenn man in Betracht zieht, dass das Ostseewasser nicht weit entfernt ist, sich mit dem wenig salzhaltigen Warnowwasser vermischt und so in dem erhöhten Chlorgehalt seinen Einfluss in ganz markanter Weise zur Geltung bringt. Hierdurch wird die Quantität an Kochsalz, sonst ein werthvolles Kriterium für Reinheit oder Unreinheit eines Wassers, als Massstab für den Grad der Verunreinigung des Wassers der Unterwarnow unbrauchbar. Das ist ein Nachtheil, der um so schwerer in die Wagschale fällt, als er die Schärfe und Genauigkeit der hygienischen Beurtheilung nicht unerheblich herabsetzt, der aber, weil er in der Natur der Verhältnisse begründet liegt, hier mit in Kauf genommen werden muss.

Bei etwas höherer Wassertemperatur wurde folgendes Resultat erzielt:

Lauf. Nr.:	Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	pro 1 Liter Org. Subst.:	Keime in 1 ccm:	Tempe-ratur:	Wind-richt.:
	1) 15. III. 90. (2—5 U. Nachm.)	Schnellengraben	0,032 g	160 mg	400 (40)	$+4^3/_4{}^0$ C.	SSO.
	2)	„ Petribrücke . .	0,220 „	164 „	1350 (100)	„	„
II.	3)	„ Cichorienfabrik	3,400 „	404 „	21700 (1640)	„	„
	4)	„ Bramow . . .	4,210 „	316 „	4200 (100)	„	„
	5)	„ Schmarl . . .	3,800 „	260 „	2500 (120)	„	„

Die Proben 1 und 2 sind klar wie gutes Fensterglas, geruch- und geschmacklos, Probe 3 ist mässig getrübt, etwas salzig schmeckend, Probe 4 ganz wenig trübe, von stark salzigem Geschmack, ohne absonderlichen Geruch, Probe 5 ganz klar, stark salzig schmeckend. Ferner finden sich auch hier die weiteren in Serie I erhobenen Befunde bestätigt; es zeigt sich eine constante Zunahme der Verunreinigung bis in die Höhe der Cichorienfabrik, hernach bis Schmarl eine allmähliche Abnahme derselben, soweit wenigstens aus der Menge der organischen Substanz und der Keime zu schliessen ist. Der Chlorgehalt ist im Vergleich mit Serie I ganz enorm hoch, ein Factum, das auf den ersten Blick befremden könnte. Nimmt man an, dass am 15. März zu der Zeit der Entnahme der Proben das Wasser der Warnow absolut stärker verunreinigt gewesen ist als in Serie I, so ist damit noch keineswegs der erhöhte Chlorgehalt erklärt; vielmehr findet sich solche Annahme — ganz abgesehen davon, dass eine so colossal erhöhte Zufuhr von Schmutzstoffen aus den Sielen nicht nachgewiesen und zur Nachmittagszeit auch nicht gut annehmbar ist — sofort dadurch widerlegt, dass die beiden einzigen massgebenden Factoren, die organische Substanz und die Keime, nicht im mindesten eine entsprechend grosse Zunahme erfahren haben, überhaupt sich wenig verändert zeigen gegenüber den in Serie I gefundenen Resultaten. Vielmehr erklärt sich der hohe Chlorgehalt auch hier aus dem Zustrom von Seewasser. Wie aus Serie II ersichtlich, hat der Process

der Selbstreinigung des Flusswassers bis Schmarl, welches schon am Anfange des Breitling liegt, erst sehr geringe Fortschritte gemacht, während am 4. März (cfr. Serie I) schon bei Bramow ein geringerer Grad von Verunreinigung constatirt wurde als bei Schmarl am 15. März. Es ist also durch die Untersuchung festgestellt, dass am 4. März, Mittags 12 Uhr, bei $-1/2^0$ C. Wassertemperatur, Südsüdwestwind und starker Eisdecke das Wasser der Warnow schon in der Höhe von Bramow wesentlich reiner geworden war, als sich an demselben Orte am 15. März, Nachmittags 3—5 Uhr, bei einer Wassertemperatur von $4^3/4^0$ C., Südsüdostwind, niedrigem Wasserstande und verschwundener Eisdecke constatiren liess. Zur Erklärung mögen verschiedene Momente angeführt werden. Zunächst ist, wie schon oben angedeutet, die Menge der Zuflüsse während der verschiedenen Tageszeiten allerdings einem beständigen Wechsel unterworfen in der Weise, dass in den Vormittagsstunden — denken wir uns die Schwankungen graphisch dargestellt — die Kurve eine Erhebung zeigt, dann bis Mittag langsam absinken wird, um voraussichtlich in den ersten Nachmittagsstunden, wo im menschlichen Haushalte zur Reinigung von Gebrauchsgegenständen ebenfalls grössere Mengen Wassers verwendet werden, abermals anzusteigen, aber vielleicht nicht bis zu der Höhe, welche sie Morgens erreicht hat. Hiernach wäre es wahrscheinlich, dass am 15. März in Folge des längere Zeit dauernden Nachschubes einer vermehrten Menge von Schmutzstoffen die schon im Sinken begriffene Verunreinigung zunächst wiederum auf ihr höchstes Niveau erhoben worden ist, so dass sie noch bedeutend weiter unterhalb als am 4. März nachzuweisen war. Ferner möchte ich ganz besonders auf das bald nach dem 4. März mit warmem Südwestwinde einsetzende Thau- und Regenwetter aufmerksam machen, welches binnen Kurzem die verhältnissmässig dicke Eisdecke zum Schwinden brachte. Aus der Stadt, von den Dächern, Höfen und Strassen werden

mit dem ersten Schmelzwasser in den Wasserstrom sehr viele Bacterien hineingespült, die sich vorher auf dem festen Schnee und Eise abgelagert hatten. Inwiefern influenziert nun das Schmelzen des Flusseises selbst auf den Schmutzgehalt des Flusswassers? Zunächst ist unleugbare Thatsache, dass die Oberfläche des Eises sowohl durch Niederschläge aus einer stark verunreinigten Luft und unter bestimmten Verhältnissen auch durch den Wind, als auch durch die mannigfachen Vergnügungen, die das Eis bietet, mit Schmutzstoffen beladen wird. Der Wind wirbelt, falls kein oder nur geringer Schneefall statt hatte, den Staub von den Strassen auf und treibt einen nicht unbedeutenden Theil desselben auf die Eisdecke, wo er entweder im Schnee oder an der Oberfläche des Eises haften bleibt, vorausgesetzt, dass diese, sei es durch schwaches Thauwetter, sei es durch die Thätigkeit der Schlittschuhläufer, ihre ursprüngliche Glätte eingebüsst hatte und so zur Festhaltung des Staubes befähigt wurde. Weiter interessirt die Analyse des Eises selbst. Nach den Untersuchungen von Dr. Heyroth[1] ergiebt sich eine starke Verminderung des Salzgehaltes beim Frieren; im Allgemeinen nimmt der Salzgehalt des Eises mit der Menge des vor dem Gefrieren im Wasser enthaltenen Salzes zu und ab; ein constantes Verhältniss besteht nicht. Der Salzgehalt des Eises wächst mit der Menge des Eises, jedoch nur bei geringem Salzgehalt, während bei stärkeren Concentrationen (1 %) die Eismenge den Salzgehalt nicht beeinflusst. In unserem Falle, wo nur sehr geringe Concentrationsgrade vorliegen, wird also einerseits, je mehr Eis gefriert, verhältnissmässig mehr Kochsalz dem Wasser entzogen; andererseits wird, wenn das Eis schmilzt, wieder um so mehr Kochsalz dem Wasser beigemischt. Weniger vermindert zeigen sich im Eise die oxydablen organischen Substanzen. Um dieses stärkere Auftreten

[1] Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Reichsgesundheitsamte: über den Reinlichkeitszustand des natürlichen und künstlichen Eises.

der organischen Substanz im Eise zu erklären, nimmt Heyroth im Einverständniss mit Nichols und Hills an, dass auch das Wasser im Winter reicher an organischen Stoffen sei als im Sommer. Verantwortlich für die erhöhte Oxydirbarkeit sei der Umstand, dass die im Schlamme mancher Gewässer sich bildenden Fäulnissgase schon durch die erst entstandene dünne Eisdecke am Austreten verhindert werden. Hohe Keimzahlen traf man besonders bei Proben mit hohem Glühverlust und grosser Oxydirbarkeit. Gelatine-Reinculturen, welche Verfasser in Kältemischung gefrieren liess, blieben trotz einer Temperatur von — 10° grösstentheils entwicklungsfähig. Heyroth nimmt daher an, dass die Mikroben, auch die pathogenen (Milzbrand, Eiterkokken, Erysipelas), den natürlichen Gefrierungsprocess und selbst längeres Aufbewahren in gefrorenem Zustande unbeschadet ihres Fortpflanzungsvermögens und ohne Verlust ihrer Virulenz überleben können. Ist dies der Fall, so halte ich mich zu dem Schlusse berechtigt, dass durch das Schmelzen des Eises eine bedeutend stärkere Verunreinigung des Flusswassers, welche sich nicht nur in einer plötzlichen Vermehrung des Chlorgehaltes, sondern auch in der Menge der organischen Substanz und der Keime wiederspiegelt, gesetzt wird, als sich vorher bei noch vorhandener Eisdecke nachweisen liess. Dieser vermehrte Gehalt an Schmutzstoffen wird sich gerade zu dem Zeitpunkte am deutlichsten in den Untersuchungsresultaten ausprägen, wo auch der letzte Rest der Eisdecke schmilzt; denn diese muss gerade dann in Folge der beständigen Verdunstung des Schmelzwassers von der Oberfläche des Eises die maximale Schmutzconcentration erreicht haben. Somit ist ohne Weiteres klar, dass der Process des Eisschmelzens den Grad der Flussverunreinigung nicht zu modificiren vermag, so lange noch der Wasserspiegel durch eine Eisdecke geschützt ist, dass aber die Verunreinigung sich erhöht zeigen muss, sobald sämmtliches Eis geschmolzen ist. Wenn man nun

noch bedenkt, dass einige Tage vor dem 15. März Regenwetter eintrat, wodurch nicht nur die Luft von Staub, Mikroben etc. gereinigt und diese direct dem Wasser beigemengt werden, sondern auch von der Erdoberfläche selbst grosse Mengen von Schmutzstoffen fortgerissen und in das Flusswasser gespült werden mussten, so scheint mir die am 15. März stattgehabte stärkere Flussverunreinigung und die am selben Tage nur sehr langsam und unvollkommen sich vollziehende Selbstreinigung genügend erklärt zu sein. Auffällig bleibt nur noch, dass der Chlorgehalt schon bei der Petribrücke, wo doch eine nicht wesentlich stärkere Verunreinigung als beim Schnellengraben durch die übrigen Zahlen nachgewiesen ist, eine zu den in den folgenden Versuchsserien erhobenen Befunden nicht im Verhältnisse stehende Höhe erreicht. Da nun einerseits, wie die übrigen Versuche ergeben, das Wasser im Schnellengraben gleich nach dem Schmelzen des Eises sich als nicht unreiner ausweist als zu anderen Zeiten, so kann auch andererseits für die Erhöhung der Chlormenge bei der Petribrücke nicht das aus dem Eise resultirende Plus an Schmutzstoffen allein verantwortlich gemacht werden, ebensowenig eine entsprechend verstärkte Zufuhr von unreinen Abgängen durch die Siele; im letzteren Falle müssten die übrigen Befunde verhältnissmässig höhere Werthe ergeben. So bleibt nur als einziger Ausweg übrig, anzunehmen, dass die Einwirkung des Ostseewassers gerade an jenem Tage bis zur Petribrücke hinauf sich bemerkbar gemacht hat; eine Annahme, die allerdings auf schwachen Füssen steht, weil am 15. März Südsüdostwind, niedriger Wasserstand, auslaufender Strom zu constatiren war, und ausserdem die Untersuchung bei stark einlaufenden Strom (cfr. Serie V) für die bei der Petribrücke geschöpfte Probe nicht etwa eine noch höhere, sondern eine bedeutend geringere Chlormenge neben erheblich höheren Werthen für organische Substanz und Pilzcolonien ergab. Es sind die Resultate so wechselvoll,

dass es schwer hält, für jeden einzelnen Fall die verschiedenen massgeblichen Factoren genau gegen einander abzuwägen und eine ausreichende Erklärung zu geben. Merkwürdig z. B. ist noch, dass in der Höhe von Bramow der Chlorgehalt sich auf 4,21 g im Liter beläuft, während weiter unterhalb bei Schmarl, wo doch die Wirkung des Seewassers mehr in den Vordergrund treten müsste, nur 3,800 g Chlor im Liter vorhanden sind. Mit einer gewissen Berechtigung kann man annehmen, dass das Plus an Chlor, welches auf Rechnung der absoluten Verunreinigung durch unreine Zuflüsse zu setzen ist, vermöge des zwar nur langsam fortschreitenden Processes der Selbstreinigung immer kleiner wird, während der restirende Chlorantheil, welcher auf den Einfluss des Seewassers entfällt, nicht verhältnissmässig an Menge zunimmt. Zum besseren Verständniss kann man sich die Zahl 4,21 aus folgenden beiden Summanden zusammengesetzt denken: $4{,}21 = 0{,}8 + 3{,}41$, von denen, wie mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, der erstere die absolute Verunreinigung, der letztere die Einwirkung des Seewassers repräsentiren würde. Bei Schmarl gestalten sich unter denselben Voraussetzungen die Verhältnisse etwa so: $3{,}800 = 0{,}100 + 3{,}700$. Das Resultat dieser Wahrscheinlichkeitsrechnung würde also sein ein schnelles Absinken derjenigen Chlormenge, welche sich aus den unreinen Abgängen recrutirt, ein verhältnissmässig langsames Ansteigen der Einwirkung des Seewassers. Der hohe Chlorgehalt, wie wir ihn in Conservirungsflüssigkeiten kaum höher finden, scheint ferner weder die im Flusse weilenden Bacterien, viel weniger noch deren Dauerformen in ihrer Lebensenergie abzuschwächen; im Gegentheil er documentirt scheinbar einen ihrer Entwicklung günstigen Einfluss, denn bei Bramow zählte ich am 15. März bei 4,21 g Chlor 4200 lebensfähige Keime im Cubikcentimeter, am 4. März bei 0,325 g Chlor nur 2500. Diese Thatsache steht im diametralen Gegensatz zu den Erfahrungen des

täglichen Lebens, wo doch gerade eine schwach concentrirte Kochsalzlösung als vorzügliches Antisepticum zur Conservirung von Fleisch und anderen Lebensmitteln vielfache Verwendung findet. Immerhin ist der Kochsalzgehalt von 0,421 % zu gering, als dass man ihn als antiseptisch wirksam ansehen könnte, da nach der C. J. de Freytagschen[1] Arbeit die meisten Bacillen, selbst die sonst so empfindlichen Cholera- und Milzbrandbacillen noch zum Theil Wochen bis Monate lang, zum Theil 2—8 Stunden lang in concentrirten Kochsalzlösungen bis zu 7 % ihre Lebensfähigkeit behalten.

Aus den Versuchsserien I und II geht ferner zur Evidenz hervor, dass innerhalb der ersten Celsiusgrade über Null eine Temperaturerhöhung von ca. 5 ° auf den Lebensprocess der Mikroben keinen Einfluss ausübt. Die Entwickelung, Vermehrung, Fortpflanzung bleibt eben bis zu dieser Temperaturgrenze bei den meisten Bacterien aufgehoben, sie bestehen fort in ihrer Dauerform, als Spore, oder verfallen in eine Kältestarre, ohne jedoch selbst bei sehr grosser Kälte abzusterben. Ganz anders wird dies Verhältniss, sobald die Temperatur nur um wenige Grade das für das Wachsthum erforderliche Minimum übersteigt:

Lauf. Nr.:	Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	pro 1 Liter Org. Subst.:	Keime in 1 ccm.:	Temperatur:	Windricht.:
	1) 23. III. 90 (9—11 U. Morg.)	Petribrücke .	0,112 g	166 mg	3800 (300)	8 ° C.	SSW.
III.	2) „	Cichorienfabrik	1,304 „	388 „	884520 (17000)	7¼ ° C.	„
	3) „	Bramow . . .	2,010 „	292 „	63000 (?)	7 ° C.	„
	4) „	Schmarl . . .	0.620 „	254 „	2000 (60)	7 ° C.	„

Probe 1 ist klar, ohne üblen Geruch uud salzigen Geschmack; Probe 2 von der Farbe guten Fensterglases, geruchlos, salzig schmeckend; Probe 3 ist weniger klar als 2, geruchlos, von salzigem Geschmacke; Probe 4

[1] Archiv für Hygiene, Bd. XI, pag. 81.

ganz klar, stärker salzig schmeckend. Die Zahl der Keime schwillt plötzlich colossal an; ein Factum, welches auch schon G. Frank in seiner oben citirten Abhandlung (pag. 399 und 400) constatiren konnte. Dem langen Winterschlafe der Mikroben ist durch die geringe Temperatursteigerung von ca. 3° ein schnelles Ende bereitet; sie erwachen plötzlich zu neuem Leben und entfalten nun eine mächtige Wachsthumsenergie. Man könnte ferner geneigt sein, nach Massgabe des Chlorgehalts und der Menge der organischen Substanz das Flusswasser am 23. März für weniger verunreinigt zu halten als in Serie II; es würde dies thatsächlich der Fall sein, wenn nicht durch das geringe Anwachsen der Wassertemperatur so ausserordentlich günstige Wachsthumsbedingungen für die Mikroben geschaffen wären. Da aber die Menge der Mikroben das Ausschlag gebende Moment für die hygienische Beurtheilung darstellt, so ist man ohne Weiteres genöthigt, das Flusswasser von Serie III für beträchtlich unreiner zu taxiren als in Serie II. Vielleicht trägt auch die Tageszeit, zu welcher die Proben von Serie II entnommen wurden — es war zwischen 9 und 11 h Morgens — ihr Scherflein zur Erhöhung der Keimzahl bei. Es wäre denkbar, dass während der Nachtzeit, wo naturgemäss der Zufluss von unreinen Abgängen zu den Sielrohren und mithin die Strömungsgeschwindigkeit auf ein Minimum beschränkt sind, sich an der unteren Circumferenz des Sieles eine sehr concentrirte, an organischer Substanz, Chlor etc. überaus reiche Schmutzmasse ablagert, in welcher der Entwickelung zahlloser Mengen von Mikroben nichts im Wege steht. Diese Schmutzmasse wird dann Morgens, wo der Zufluss von Abwässern, Urin etc. der grösste sein dürfte, vermöge der verstärkten Strömungsgeschwindigkeit mitgerissen und in das Flusswasser abgeleitet. So dürfte sich zu der dem Siele während der Morgenstunden zugeführten Spüljauche noch die während der Nachtzeit

im Siele selbst abgelagerte Schmutzmasse addiren und den denkbar höchsten Concentrationsgrad des Sielwassers bewirken. — Es folgt die Discussion der in der IV. und V. Versuchsserie gefundenen Resultate:

Lauf. Nr.:	Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	Org. Subst.:	Keime in 1 ccm:	Temperatur:	Wind:	Wasserstand:
V. 1)	28. III. 90. (5½—8 U. Morg.)	Petribrücke .	0,041 g	194 mg	115200 (3000)	8½° C.	SW	niedrig
2)	„	Cichorienfabrik	0,324 „	408 „	48670 (1150)	„	„	
3)	„	Bramow . . .	1,122 „	306 „	19200 (1270)	„	„	
4)	„	Schmarl . . .	2,210 „	242 „	18040 (240)	„	„	
1)	31. III. 90. (10—12 U. Vorm.)	Petribrücke . .	0,045 „	212 „	33660 (2060)	9° C.	WNW.	+ 25 cm
2)	„	Cichorienfabrik	0,452 „	206 „	28840 (600)	8° C.	„	
3)	„	Bramow . . .	1,020 „	190 „	3420 (120)	8° C.	„	
4)	„	Grossen-Klein	2.600 „	179 „	1540 (60)	7° C.	„	

Probe 1 der IV. Serie war klar, nicht riechend, kaum salzig schmeckend; Probe 2 fast klar, ohne üblen Geruch, schwach salzig schmeckend, Probe 3 weniger klar, geruchlos, salzig schmeckend, Probe 4 ganz klar, von stärker salzigem Geschmack. Sämmtliche Proben der V. Reihe sind von salzigem Geschmack, dessen Intensität von 1 bis 4 merklich zunimmt; ferner mehr oder weniger undurchsichtig durch zahllose kleine und kleinste suspendirte Bestandtheile, die den Proben ein schwach bräunlich schimmerndes Colorit verleihen. Am geringsten ist diese Trübung bei Probe 4, am stärksten bei Probe 2 ausgeprägt. Es ist auffällig, dass trotzdem bei Serie V durch chemische und bacterioskopische Analyse eine geringere Verunreinigung nachgewiesen wurde als bei Serie IV.

Die Wassertemperatur ist im Vergleich mit Serie III nahezu dieselbe geblieben; doch zeigt sich schon nach 5 Tagen, wie aus Serie IV ersichtlich, eine beträchtliche Herabminderung der Keimzahlen in der Höhe der Cichorienfabrik und von Bramow. Nur bei der Petribrücke ist die

Zahl der Keime plötzlich zu ganz enormer Höhe angewachsen, ohne dass jedoch der Chlorgehalt und die organische Substanz proportional steigen. Ersterer ist im Gegentheil sehr gering, wenig höher als im Schnellengraben. Dadurch verliert die Annahme, dass das Seewasser seinen Einfluss beständig bis zur Petribrücke hinauf offenbare, an Stichhaltigkeit. Für die Erhöhung der Keimzahl möchte ich als erklärende Thatsache anführen, dass die Probe 1 gleich unterhalb des hart am linken Warnowufer erbauten städtischen Schlachthauses entnommen wurde, von wo aus vielleicht gerade an jenem Tage eine den Mikroorganismen ein besonders günstiges Nährmaterial bietende Spülflüssigkeit in die Warnow geliefert worden sein mag. Doch bald ändert sich der Keimgehalt wiederum. Nach 3 Tagen (cfr. Serie V) beträgt die Keimzahl nur noch 33 660, um nach Verlauf von weiteren 8 Tagen auf 2360 herabzusinken. Bemerkenswerth ist ferner, dass am 28. März bei Südwestwind, auslaufendem Strom, niedrigem Wasserstande die Selbstreinigung des Flusswassers in ganz unvollkommener Weise sich vollzogen hat, während dagegen 3 Tage darauf bei Westnordwestwind, einlaufendem Strom, hohem Wasserstand (die Wasserstandsuhr zeigte 25 cm über Normal) und starkem Wellengang bis Gross-Klein, gleich unterhalb Schmarl, das Warnowwasser sich nahezu vollkommen gereinigt hat. Die stärkere Einwirkung des Seewassers, die starke Verdünnung der Zuflüsse bei steigendem Wasserniveau und damit wachsendem Stromprofil, wie am 31. März zu constatiren war, kommen weniger in Betracht zur Erläuterung dieser Befunde: ebensowenig die Windrichtung; denn bei Südsüdwestwind, niedrigem Wasserstand und auslaufendem Strom, wo wegen Abnahme der Wassermasse im Stromprofil eine weniger starke Verdünnung der Schmutzstoffe statt hat, ist, wie Serie III ergiebt, bis Schmarl eine nahezu ebenso vollkommene Reinigung des Flusswassers eingetreten. Doch man bedenke, dass die

Menge der Mikroben am 28. März stark gewachsen, dass zweitens einige Tage darauf starker Wellengang vorhanden war. Beide Thatsachen begünstigen bis zu einem gewissen Grade die Reinigung des Flusswassers. Die Thätigkeit der Mikroben nämlich, die Oxydation organischer Stoffe einzuleiten und diese selbst zu consumiren, wird erhöht sein zunächst, wenn sie selbst innerhalb bestimmter Grenzen an Zahl zunehmen, dann, weil dann das Wasser eine grössere Menge Sauerstoffs zur Oxydation der schwer oxydablen Substanz in sich birgt. Dieser letztere Fall dürfte eintreten, sobald in Folge starker Wellenbewegung der Luft eine grössere Absorptionsfläche dargeboten wird. Immerhin bleibt, wenn man Serie III und IV vergleicht, die Thatsache unumstösslich, dass unter denselben meteorologischen Verhältnissen der Grad der Verunreinigung des Warnowwassers an den verschiedenen Tagen starken Schwankungen unterworfen ist, und dies kann nur seinen Grund in der wechselnden Menge der Zuflüsse haben, die innerhalb weiter Grenzen sich bewegt.

Ich lasse jetzt die VI., VII., VIII., IX., X. und XI. Versuchsreihe folgen.

Lauf. Nr.:	Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	pro 1 Liter Org. Subst.:	Keime in 1 ccm:	Temperatur:	Windrichtung:
VI.	1) 10. IV. 90. (1—4 U. Nachm.)	Petribrücke .	0,110 g	184 mg	2360 (140)	9 ° C.	Südwest (einlaufend. Strom)
	2) „	Cichorienfabrik	1,215 „	211 „	22400 (380)	9 ° C.	„
	3) „	Bramow . . .	2,212 „	187 „	10350 (100)	8½ ° C.	„
	4) „	Schmarl . . .	2,430 „	180 „	6250 (220)	8½ ° C.	„
VII.	1) 14. IV. 90. (10—12 U. Vorm.)	Petribrücke .	0,072 „	189 „	510 (10)	7½ ° C.	NNW. (+15 cm Wasserst.)
	2) „	Cichorienfabrik	1,210 „	230 „	19720 (330)	„	„
	3) „	Bramow . . .	2,034 „	205 „	12000 (200)	„	„
	4) „	Schmarl . . .	2,508 „	192 „	1550 (10)	„	„
	5) 15. IV. 90.	Schnellengraben	0,036 „	176 „	342 (0)	„	„
VIII.	1) 16. IV. 90. (1—4 U. Nachm.)	Bramow . . .	0,515 „	162 „	2000 (40)	9 ° C.	Ostnordost
	2) „	Schmarl . . .	1,504 „	156 „	960 (40)	8½ ° C.	„
	3) „	Breitling, Anf.	1,608 „	138 „	840 (260)	„	„
	4) „	Breitling, Ende	2,213 „	130 „	140 (20)	„	„

Lauf. Nr.:		Zeit:	Ort:	pro 1 Liter Chlor:	pro 1 Liter Org. Subst.:	Keime in 1 ccm:	Temperatur:	Windrichtung:
IX.	1)	3. V. 90.	Petribrücke . .	0,039 „	178 „	7000 (340)	14½° C.	Südost
	2)	„	Cichorienfabrik	0,532 „	206 „	90000 (?)	„	„
	3)	„	Bramow . . .	0,609 „	196 „	9000 (10)	„	„
	4)	„	Schmarl . . .	0,613 „	192 „	1050 (60)	„	„
X.	1)	15. V. 90 (8—11 U. Vorm.)	Marienehe . .	1,851 „	164 „	32400	14° C.	Nordwest (hoher Wasserst.)
	2)	„	Breitling, Mitte	2,102 „	158 „	21600 (1080)	„	„
XI.	1)	23. V. 90. (10 U. Vorm. u. 4 U. Nachm.)	Petribrücke . .	0,038 „	179 „	1260 (20)	19° C.	West
	2)	„	Cichorienfabrik	0,325 „	210 „	24000 (300)	„	„
	3)	„	Breitling, Ende	3,108 „	165 „	220	„	„

Wie schon mehrfach hervorgehoben, zeigt sich auch hier wieder, dass der Chlorgehalt vom Schnellengraben bis Schmarl resp. Breitling-Ende constant zunimmt, dass die Menge der organischen Substanz und die Zahl der entwickelungsfähigen Keime zunächst um ein bedeutendes anwächst, um dann bis zum Ende des Breitling allmählich abzusinken. Die Rapidität des Absinkens, d. h. die Schnelligkeit mit der der Process der Selbstreinigung von statten geht, ist sehr schwankend; man vergleiche nur Serie IV einerseits und V, VII, IX andererseits. Immer aber lässt sich constatiren, dass bei einlaufendem Strom im Allgemeinen sich niederigere Werthe ergeben, als bei auslaufendem Strom und geringerem Stromprofil. Unverkennbar ist demnach der Einfluss des Wasserstandes, d. h. eine Verminderung des Bacteriengehaltes bei Hochwasser, eine Vermehrung bei Niedrigwasser. In Serie VI läuft der Strom bei Südwestwind ein. Beiläufig gefragt: Wie soll man sich das erklären? Es sind eben nicht die Landwinde, sondern, wie schon oben angedeutet, die auf freiem Meere vorherrschenden Luftströmungen, welche je nach ihrer Intensität ein Steigen oder Fallen des Flusswassers bewirken, und zwar dadurch, dass sie Seewasser in das Flussbett der Warnow eintreiben und so das thalwärts strömende Flusswasser zur Aufstauung bringen.

Am Ende des Breitling (cfr. Serie VIII und XI) ist das Wasser der Warnow, abgesehen von dem hier ja nicht entscheidenden hohen Chlorgehalt, wieder so rein geworden, wie es oberhalb Rostocks war, ja die Zahlen sind noch etwas niedriger als am Schnellengraben. Die Erklärung dieser schnellen Abnahme der Bacterien in dem seeartig erweiterten Breitling kann sich hauptsächlich auf zwei Erscheinungen stützen, auf die auch G. Frank in seiner mehrfach erwähnten Abhandlung hingewiesen hat, um die beständige Verringerung der Keimzahlen in dem grossen seeartigen Havelbecken unterhalb von Berlin zu begründen. Die erste ist der Zutritt von bacterienfreiem Grundwasser von den Ufern her; dieses wird um so reiner sein, je tiefer die filtrirende Bodenschicht ist, auch die chemische und physikalische Bodenbeschaffenheit ist von Belang. Durch solchen Zustrom könnten die Bestandtheile des Wassers verdünnt, die Mikroben in ihrer Gesammtheit auf ein grösseres Wasserquantum vertheilt, mithin ihre relative Menge verringert werden. Ich glaube nun im Gegensatze zu G. Frank auf Grund der von mir gefundenen Resultate annehmen zu dürfen, dass der Zutritt von Grundwasser von nicht unwesentlichem Einfluss auf diese Verminderung der Bacterien ist; denn in demselben Grade wie auch die im Wasser suspendirten Bestandtheile, die Mikroben, macht sich dieser Einfluss auch auf die im Wasser gelöste organische Substanz geltend; sie zeigt sich beträchtlich vermindert gegenüber den weiter oberhalb gelegenen Entnahmestellen. Eine weitere Erklärung für die Abnahme der Zahl der Bacterien liegt aber weiter auch darin: seeartige Erweiterungen eines Flusslaufes wirken als Klärbassins. Wie schon oben bemerkt, erfährt die Geschwindigkeit eines Flusslaufes eine bedeutende Abnahme, wenn sein Wasser aus einem engeren Strombette in ein weiteres Seebecken eintritt. Suspendirte Partikel, seien es Bacterien oder solche Stoffe, welche sie an sich gefesselt halten, oder Nährmaterial für dieselben darstellen,

werden in Folge des langsameren Fortfliessens im Klärbecken leichter zu Boden sinken, die schweren zuerst, die specifisch leichteren zuletzt. Diese fortschreitende Sedimentirung findet ihren deutlichsten Ausdruck in den Mengenverhältnissen der an den verschiedenen Entnahmestellen am Breitling vorhandenen Bacterien. Am 16. April (Serie VIII) zählte ich am Anfange des Breitling 840 (160), Breitling-Ende nur noch 140 (20); am 15. Mai bei Marienehe, gleich oberhalb des Breitling, 32400, in der Mitte des letzteren nur noch 21600 (1080). Im letzteren Falle ist die stärkere Verunreinigung vielleicht auf Rechnung des höheren Wellenschlages zu setzen, der die Ufer durchwühlt und damit Bacterien aus den obersten Bodenschichten dem Wasser zuführt. Den obigen Resultaten ist noch das in Serie XI gefundene an die Seite zu stellen, wo bei der Cichorienfabrik 24000 (300) Keime, Ende des Breitling nur noch 220 (0) gezählt wurden. Derselbe Vorgang der Sedimentirung der suspendirten Bestandtheile vollzieht sich also nicht nur im Breitling, sondern in geringerem Maasse schon weiter oberhalb, und zwar von der Petribrücke an, wo das Flussbett sich plötzlich bedeutend verbreitert. Man kann sagen, dass in Folge dieser Erweiterung des Flussbettes und des Durchfliessens der Warnow durch den Breitling und des darin stattfindenden beschleunigten Absetzens der Bacterien sich die Stadt Rostock in Bezug auf die Verunreinigung, die die Warnow durch sie erfährt, in einer äusserst günstigen Lage befindet.

Es sei mir jetzt gestattet, kurz die gewonnenen Resultate zu resuniren:

1. Der Chlorgehalt des Rostocker Warnowwassers schwankt je nach der Lage der Entnahmestellen innerhalb ziemlich weiter Grenzen; steigt aber fast constant, je weiter abwärts man die Proben entnimmt; die Wirkung des Seewassers kann sich bei mittelstarkem Winde bis zur Petribrücke hinauf geltend machen, bei Nordsturm noch erheblich weiter.

2. Die Menge der organischen oxydablen Substanz ist an denselben Entnahmestellen zu verschiedenen Zeiten beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Entsprechend dem höheren Grade der Verunreinigung lässt sich ein constantes Ansteigen bis etwa zur Höhe der Cichorienfabrik, ein ganz allmähliches Absinken bis zum Ende des Breitling constatiren.
3. Die Zahl der Keime ist sehr verschieden hoch, sie erreicht stets ihr Maximum bei der Cichorienfabrik, um weiter unterhalb geringer zu werden. An der letzten Entnahmestelle, am Ende vom Breitling dort, wo die Warnow wieder eine Verengerung des Strombettes erfährt, ist der Bacteriengehalt auf dieselbe Stufe oder auch noch tiefer gesunken, als die ist, welcher er bei dem Eintritt der Warnow in das Rostocker Stadtgebiet einnahm. Im Allgemeinen dürfte der Bacteriengehalt bei höherer Wassertemperatur nicht unwesentlich grösser sein als bei niedriger. Wie wir sahen, wächst gleich nach Erhöhung der Temperatur über 5° die Zahl der Keime um ein ganz Erhebliches. Wenn sie dann nach nicht langer Zeit (cfr. VII, VIII, IX einer-, II andererseits) auf das im Winter constatirte Maass herabsinkt, so sind dafür wohl andere Factoren massgebend.
4. Die Selbstreinigung des Warnowwassers hat sich bis Schmarl nur in unvollkommener Weise vollzogen; erst am Ende des Breitling ist sie vollkommen geworden.

Recapituliren wir nun kurz die Art und Weise, wie der Process der Selbstreinigung zu Stande kommt, um daran weitere einschlägige Betrachtungen anzuknüpfen. Zunächst kommt die Verdünnung der Schmutzstoffe in Betracht, wie sie durch reines Wasser, sei es das aus Bächen zufliessende oder Grundwasser, bewirkt wird. Dieser Factor tritt ganz besonders in Wirksamkeit während des Uebergangs zur wärmeren Jahreszeit, wo das Eis

schmilzt und der Strom anschwillt. Andererseits ist hervorzuheben, dass mit dem vom Lande zufliessenden Schmelz- und Regenwasser dem Strome eine bedeutende Menge von Schmutzpartikeln beigemengt werden, die zum grössten Theile der obersten, an Mikroben überaus reichen Erdschicht entstammen. Wenn man ferner berücksichtigt, dass im Eis und Schnee die Bacterien selbst sich lange Zeit conserviren, dass die niedrige Temperatur nur die Bildung neuer Generationen verhindert, dahingegen dem Einzelwesen wenig schadet, so wird man mit Fug und Recht behaupten können, dass während des Ueberganges zu wärmerer Jahreszeit entsprechend der stärkeren Verdünnung auch eine stärkere Verunreinigung stattfindet, dass somit der für die Selbstreinigung des Flusswassers scheinbar gewonnene Vortheil wieder verloren geht. Zweitens ist es die Ablagerung suspendirter Partikelchen als Schlamm, durch welche eine spontane Unschädlichmachung der einem öffentlichen Wasserlaufe zugeführten Schmutzsubstanz zu Wege gebracht wird. Dies Moment fällt ganz besonders ins Gewicht, so lange das Wasserniveau mit einer mehr oder weniger dicken Eisdecke versehen ist, welche die Wirkung des Windes ausschaltet und damit eine stärkere Wellenbewegung nicht zu Stande kommen lässt. Hierdurch wird die Sedimentirung suspendirter Bestandtheile ausserordentlich begünstigt. Die Mikroben, welche specifisch schwerer sind als Wasser, sinken entweder als solche auf den Boden des Flussbettes oder werden mitgerissen von Stoffen, welche Nahrungscentra für sie darstellen, oder von den s. g. Sinkstoffen, die etwa mit dem Sielwasser in Form kleiner und kleinster Partikelchen mineralischer Substanz — Sand, Kalk, Thon etc. — dem Flusswasser beigemengt werden und mit Keimen beladen sich im Schlamm ablagern. Von Interesse sind die Untersuchungen, welche Bruno Krüger[1]

[1] Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde Nr. 3, 1890.

über die Wirkung dieser Sinkstoffe angestellt hat. Er fand, dass das Gewicht und chemische Verhalten der Sinkstoffe von Einfluss ist; ein um so ausgiebigerer Erfolg wurde erzielt, d. h. eine um so grössere Menge von Keimen wurde ausgefällt, je leichter die Sinkstoffe im Verhältnisse zum Wasser waren, je langsamer also das Ausfallen der betreffenden Substanzen vor sich ging; ferner zeigten chemisch differente Körper wie Magnesiumoxyd, Kalk noch eine viel erheblichere Wirkung. Es erübrigt noch bez. der Selbstreinigung die Thätigkeit der Wasserpflanzen zu erwähnen, vermöge deren sie gelöste organische Substanz in sich aufnehmen und zu ihrem eigenen Aufbau verwenden. Sie vegetiren am üppigsten zur wärmeren Jahreszeit, und es ist daher auch ihre Betheiligung an dem Processe der Selbstreinigung im Sommer eine lebhaftere als im Winter. Nicht anders die Mikroorganismen. Sie vermehren sich in um so höherem Grade, je mehr sich die Temperatur des Wassers dem Optimum ihres Wachsthums nähert. Ist dieses erreicht, so beginnen sie erst recht eigentlich ihre Function auszuüben, die darin besteht, die Oxydation organischer Stoffe einzuleiten und diese, so modificirt, zum guten Theil zu verbrauchen und aus dem Flusswasser zu eliminiren. Diese Fähigkeit der Mikroben wurde hauptsächlich durch die Untersuchungen Emichs[1] wahrscheinlich gemacht. Derselbe untersuchte Wässer, die reich an organischen Substanzen waren, auf ihre Oxydirbarkeit und fand, dass beim Stehenlassen der Versuchsflüssigkeit die Oxydirbarkeit langsam abnahm; dieselben Veränderungen traten ein, wenn er das Wasser stark mit Luft schüttelte oder Ozon und Wasserstoffsuperoxyd einwirken liess; sie blieben aber aus, wenn die Versuchslösung sterilisirt und vor nachträglichem Eindringen von Keimen aus der Luft geschützt wurde. Die vor sich gehenden chemischem Veränderungen wurden demnach unzweifelhaft durch das Leben der Mikroben

[1] Monatshefte für Chemie 6. pag. 77.

bedingt, wie ja auch deren Fähigkeit, Oxydations- und Reductionsprocesse im Wasser und Boden einzuleiten, schon lange Zeit bekannt ist. Dass jedoch bei dem Process der Selbstreinigung des Flusswassers in erster Linie Mikroorganismen betheiligt sind, glaubt Prausnitz (l. c.) auf Grund seiner eigenen und der von Frank gewonnenen Resultate bestreiten zu müssen. Drei Punkte sind es, welche es unwahrscheinlich machen sollen, dass die Mikroben die Ursache der Selbstreinigung der fliessenden Wässer bilden:

1. Die sofortige Abnahme der Bacterien in den durch Canalwasser verunreinigten Flüssen.

   Dass nach dem Momente der stärksten Verunreinigung eine langsame Abnahme der vorhandenen Mikroben eintritt, konnte auch ich constatiren. Hieraus aber einen Schluss auf das Nichtbetheiligtsein derselben an dem Processe der Selbstreinigung zu ziehen, liegt meines Erachtens nicht die mindeste Veranlassung vor.
2. Die Verschiedenheit der Vorgänge bei den zur Stütze der Hypothese angeführten Laboratoriumsexperimenten und bei der Selbstreinigung der Flüsse.
3. Der Unterschied in dem zeitlichen Verlaufe beider Processe.

Doch haben viele Versuche dargethan, dass eine Oxydation der organischen Substanz im Wasser nur bei Gegenwart von Mikroben statt hat. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von A. Müller[1], Hulwa[2], Emich[3] und Uffelmann[4], welche alle die Oxydation der organischen Substanz im Wasser als einen biologischen Process, d. h. als unter Mitwirkung vonMikroben zu stande kommend, ansehen.

[1] A. Müller, Landwirthschaftliche Versuchsstationen Bd. 16, S. 263 und Bd. 20, S. 391.

[2] Hulwa im 2. Ergänzungshefte des Centralblattes für allgemeine Gesundheitspflege.

[3] F. Emich, Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaften zu Wien. 2. Januar 1885.

[4] J. Uffelmann, Archiv für Hygiene, Bd. IV. 1886, pag. 82.

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. J. Uffelmann, für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die vielfache freundliche Unterstützung bei den im hygienischen Institute zu Rostock ausgeführten Versuchen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.